

# CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DE UNA LAGUNA TURBIA ORGÁNICA DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA Y VARIACIÓN ESTACIONAL DEL ZOOPLANKTON

S. ECHANIZ, A. VIGNATTI & G. CABRERA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa.  
Avda. Uruguay 151. (6300) Santa Rosa, La Pampa.  
[sechaniz@cpenet.com.ar](mailto:sechaniz@cpenet.com.ar)

**ABSTRACT.** In La Pampa province, shallow lakes (water bodies of low depth, generally polymictic and with high trophic level) are abundant and broadly distributed. Although previous contributions on these shallow lakes are about their ecology and zooplankton, only recently studies have shed light about nutrient concentrations, chlorophyll *a* and their influence on the zooplankton biomass. It has also been determined that phosphorus and nitrogen concentrations are higher than other shallow lakes of similar characteristics from other regions. The objectives of this contribution are to perform a limnological characterization of an extensive shallow seepage lake with medium salinity and high trophic level of the east-central region of La Pampa province, strongly influenced by human activity. We also present information on the taxonomic composition and abundance and biomass variations of the zooplankton. We took monthly samples from December 2005 to December 2006. In the past, this lake was a temporary lake, but recently it receives water from sewage treatment plants of Santa Rosa city and its pluvial drainages. This lake has now an important tourist and recreational value related to its condition of permanent lake and the presence of silversides (*Odontesthes bonariensis*). The zooplankton specific richness (15 *taxa*) was lower than other organic turbid shallow lakes of La Pampa, but closer to the observed in other high salinity shallow lakes. Another common feature with shallow saline lakes of La Pampa was the prevalence, among the microcrustaceans, of the halophilic calanoid *Boeckella poopoensis*. Cladocerans, on the other hand, were rarely registered; they had very low abundances and they were small-sized, since they could not prosper related to the predatory pressure by the planktivorous fish that inhabit this lake.

**Key words:** shallow lakes, zooplankton biomass, *Boeckella poopoensis*.

**Palabras clave:** lagos someros, biomasa zooplanctónica, *Boeckella poopoensis*.

## INTRODUCCIÓN

Los lagos someros (lagunas) son cuerpos de agua que generalmente no exceden los tres metros de profundidad y sin estratificación, debido a la mezcla del agua por efecto del viento (Scheffer, 1998; Quirós *et al.*, 2002a; Grosman, 2008). Es frecuente que tengan elevadas concentraciones de nutrientes (fósforo y nitrógeno), lo que provoca que sean ambientes eutróficos o hipereutróficos (Díaz y Colasur-

do, 2008), con una fauna zooplanctónica que se caracteriza por una composición taxonómica, un espectro de tallas y por consiguiente una biomasa dependientes, en gran medida, de la fauna íctica presente (Scheffer, 1998; Renella y Quirós, 2002).

En Argentina, se han efectuado varias contribuciones acerca de diversos aspectos de la ecología de lagos someros, entre las que pueden mencionarse las de Quirós *et al.* (2002a, b, c), Boveri y Quirós (2002), Claps *et al.*

(2004), Ardohain *et al.*, (2005); Renella y Quirós, (2002 y 2006); Torremorell *et al.*, (2007). Estos autores realizaron estudios que describen la estructura y funcionamiento de cuerpos de agua someros en la provincia de Buenos Aires, sobre todo en la cuenca del río Salado, donde están influidos por el régimen de este río (Gabellone *et al.*, 2001) y por el intenso uso de la tierra realizado en la cuenca. En otros casos, se han estudiado aspectos ecológicos de otros cuerpos de agua de la misma provincia, algunos orientados a la producción íctica (Grosman *et al.*, 2005; Licoff y Grosman, 2008; Mariñelarena y Gómez, 2008; Grosman, 2008). En cambio, en la provincia de La Pampa, donde los lagos someros son abundantes y de relativa importancia, dada su productividad, diversidad e interés recreativo y turístico, si bien existen aportes sobre su ecología y el zooplancton (Echaniz y Vignatti, 1996, 2001, 2002; Echaniz *et al.*, 2005, 2006; Pilati, 1997, 1999; Vignatti y Echaniz, 1999, Vignatti *et al.*, 2007), en la mayoría de los casos sólo se relacionaron las principales variables físico-químicas, como la temperatura, el pH o la salinidad, con la abundancia y composición taxonómica de la comunidad zooplanctónica. Sólo recientemente se han realizado estudios que contemplan las concentraciones de nutrientes o de clorofila *a* presentes en el agua y su influencia sobre la biomasa del zooplancton (Echaniz *et al.*, 2008), habiéndose determinado también que las concentraciones de fósforo y nitrógeno son muy elevadas, mayores a las de ambientes de similares características de otras localizaciones.

Los objetivos de esta contribución son aportar información sobre las principales variables limnológicas, el estado trófico y la composición taxonómica del zooplancton además de establecer relaciones entre la densidad y biomasa de los organismos con la concentración de clorofila *a* y la disponibilidad de nutrientes en un ciclo anual en un lago somero de sali-

nidad media y elevado nivel trófico de la provincia de La Pampa, fuertemente influido por actividad humana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos mensuales en tres sectores de la laguna, durante el periodo comprendido entre diciembre de 2005 y diciembre de 2006.

Se determinaron los principales parámetros morfométricos: largo y ancho máximo, longitud de la línea de costa (Dangavs, 1995) mediante el empleo de un posicionador geográfico Garmin ETrex Legend y fotografías satelitales y la profundidad máxima de la laguna mediante sondeos. En cada estación de muestreo se midieron la temperatura del agua, la concentración de oxígeno disuelto (oxímetro Lutron OD 5510) y la transparencia del agua (disco de Secchi de 22 cm de diámetro). Se tomaron muestras de agua para la estimación del pH (pehachímetro Corning PS 15), de la conductividad (conductímetro Oakton TDSTestr 20) y de la salinidad mediante el método de residuo sólido. La concentración de clorofila *a* se estimó por extracción con acetona acuosa y espectrofotometría (espectrofotómetro Metrolab 1700) (APHA, 1992; Arar, 1997), la de nitrógeno total mediante el método de Kjeldahl y la de fósforo total mediante la digestión de la muestra con persulfato de potasio en medio ácido y espectrofotometría (APHA, 1992). Además se determinó el contenido de sólidos suspendidos totales (seston), orgánicos e inorgánicos, mediante el filtrado de un volumen de agua, a través de filtros Microclar FFG047WPH, secados a 103 – 105 °C hasta peso constante y posteriormente calcinados a 550 °C (EPA 1993; APHA, 1999).

En cada estación de muestreo se tomaron dos muestras cuantitativas de zooplancton mediante una trampa de Schindler-Patalas de 10 litros de capacidad, provista de una red de 0,04 mm de abertura de malla y una

muestra cualitativa, con una red de 22 cm de diámetro de boca y 0,04 mm de abertura de malla. Las muestras se anestesiaron con CO<sub>2</sub> previo a la fijación, para evitar deformaciones de los ejemplares, ya que ciertas medidas son necesarias para el cálculo de la biomasa.

Los recuentos de macro- y micro-zooplankton se realizaron bajo microscopio estereoscópico y óptico convencional, en cámaras de Bogorov y Sedgwick-Rafter, respectivamente. Para determinar la biomasa del zooplankton se tomaron las medidas convencionales de un mínimo de 30 ejemplares de cada especie presente mediante el empleo de un microscopio óptico, con un ocular micrométrico y se emplearon fórmulas que relacionan la longitud total con el peso seco de los ejemplares (José de Paggi y Paggi, 1995; Ruttner-Kolisko, 1977; Dumont *et al.*, 1975; Rosen, 1981; McCauley, 1984; Culver *et al.*, 1985).

Se efectuaron correlaciones simples entre parámetros ambientales y variables bióticas.

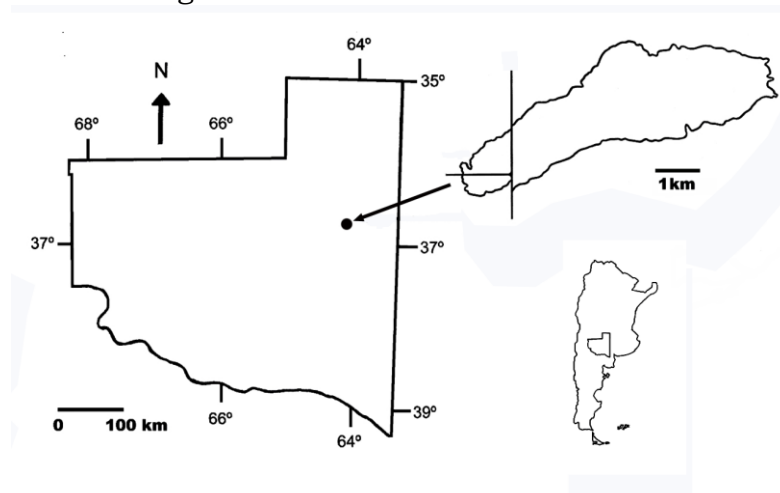
## RESULTADOS

### Área de estudio

La laguna del Bajo de Giuliani (Fig. 1) es un extenso lago somero

(profundidad máxima: 2,8 m), situada a 10 km al sur de la ciudad de Santa Rosa, en la región centro - este de la provincia. Está ubicada en uno de los valles transversales de la región central de la misma y es atravesada, cerca de su extremo oeste, por la ruta nacional 35, por lo que fue necesaria la construcción de un elevado terraplén. Tiene una superficie de 1.171,3 ha, un largo máximo de 7.600 m y un ancho máximo de 2.543 m. Si bien la mayor parte de su perímetro está rodeado por campos dedicados a la actividad agropecuaria, en un sector de su margen norte se encuentra un predio con plantaciones artificiales de pinos y en el sur se encuentra una urbanización residencial en expansión.

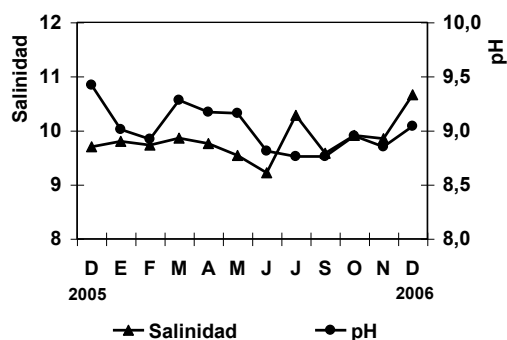
Es un ambiente arreico que recibe el agua de dos plantas de tratamiento de los desechos cloacales de la ciudad y de los desagües pluviales, y cuyas pérdidas se dan por evaporación o infiltración. El fitoplancton está dominado por cianofitas (Álvarez *et al.*, 2004) y carece de macrófitas acuáticas. En esta laguna se desarrolla una fauna íctica con dominancia de *Odontesthes bonariensis*, lo que actualmente le confiere un importante valor turístico.



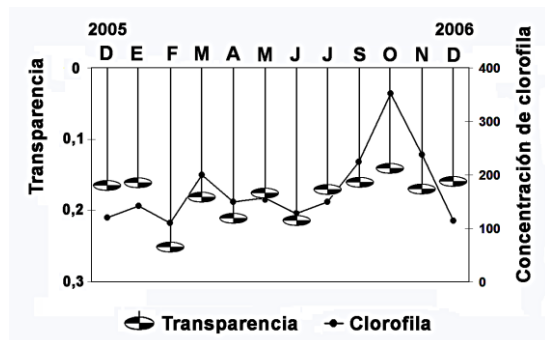
**Figura 1:** Ubicación geográfica y croquis de la laguna Bajo de Giuliani.

## Parámetros ambientales

La salinidad y el pH del agua (Fig. 2) fueron relativamente constantes durante el período de estudio. El valor medio de la salinidad fue de  $9,82 \text{ g.l}^{-1}$  ( $\pm 0,36$ ) y del pH de  $9,01$  ( $\pm 0,21$ ). La transparencia del agua fue escasa y mostró poca estacionalidad, con una media anual de  $0,18 \text{ m}$  ( $\pm 0,03$ ) (Fig. 3). Los coeficientes de correlación calculados entre la transparencia del agua y la concentración de clorofila *a* ( $r = -0,52$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 12$ ) y los sólidos suspendidos orgánicos ( $r = -0,63$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 12$ ) fueron relativamente elevados.

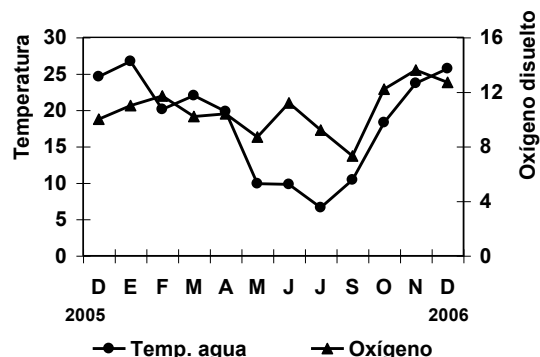


**Figura 2:** Variación mensual de la salinidad ( $\text{g.l}^{-1}$ ) y el pH del agua durante el período analizado en la laguna Bajo de Giuliani.



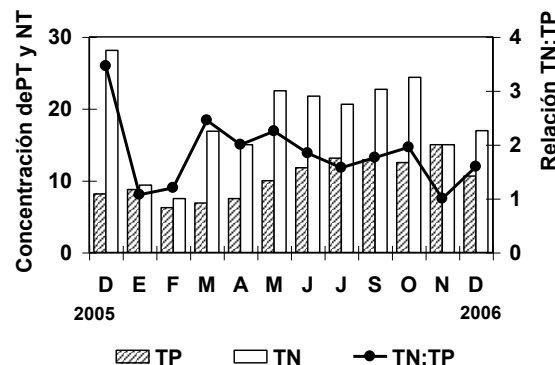
**Figura 3:** Variación de la transparencia del agua ( $\text{m}$ ) y la concentración de clorofila *a* ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) durante el período analizado en la laguna Bajo de Giuliani.

La concentración de oxígeno disuelto, medida sub-superficialmente (Fig. 4), osciló entre  $7,3 \text{ mg.l}^{-1}$  en septiembre y  $13,6 \text{ mg.l}^{-1}$  en noviembre con una media anual de  $10,7 \text{ mg.l}^{-1}$ .



**Figura 4:** Variación de la temperatura del agua y concentración de oxígeno disuelto durante el período analizado en la laguna Bajo de Giuliani.

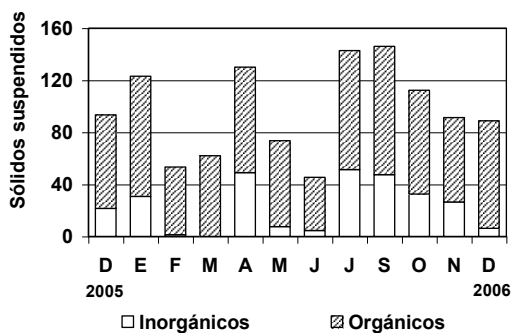
Las concentraciones de nutrientes fueron muy elevadas (Fig. 5). En el caso del fósforo total, varió desde  $6,25 \text{ mg.l}^{-1}$  en febrero hasta  $15 \text{ mg.l}^{-1}$  en noviembre, con un valor medio de  $10,3 \text{ mg.l}^{-1}$ . En el caso del nitrógeno total el rango fue desde  $7,5 \text{ mg.l}^{-1}$  en febrero hasta  $28,1 \text{ mg.l}^{-1}$  en diciembre de 2005, con una media de  $18,4 \text{ mg.l}^{-1}$ . El cálculo de la relación TN:TP mostró valores entre 1 (noviembre) y 3,5 (diciembre de 2005) (Fig. 5).



**Figura 5:** Variación de la concentración de nutrientes ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) y la relación TN:TP, durante el período estudiado en la laguna Bajo de Giuliani.

La concentración de clorofila *a* fue elevada (Fig. 3), ya que su valor medio fue 173,74 mg.m<sup>-3</sup>. También fue un parámetro variable, ya que osciló entre 110,36 mg.m<sup>-3</sup> en febrero y 352,44 mg.m<sup>-3</sup> en octubre, aunque los coeficientes de correlación calculados con la temperatura del agua ( $r = -0,06$ ;  $p < 0,05$ ), concentraciones de fósforo total (0,49;  $p < 0,05$ ) y nitrógeno total (0,29;  $p < 0,05$ ) no fueron significativos.

El contenido de sólidos suspendidos totales fue un parámetro que mostró variaciones, ya que osciló entre un mínimo de 45,4 mg.l<sup>-1</sup> en junio y un máximo de 146 mg.l<sup>-1</sup> en septiembre. En todas las ocasiones de muestreo la mayor proporción estuvo dada por los sólidos suspendidos de origen orgánico, que a lo largo del año representaron el 76% del total (Fig. 6).



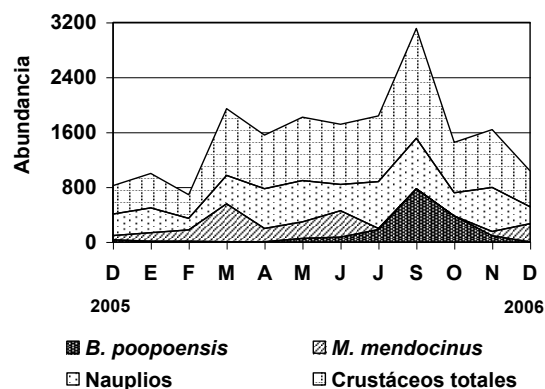
**Figura 6:** Variación mensual de la cantidad de sólidos suspendidos (mg.l<sup>-1</sup>), durante el período analizado en la laguna Bajo de Giuliani.

## Zooplankton

La riqueza registrada a lo largo del período de estudio fue de 15 *taxa*: tres cladóceros, tres copépodos y nueve rotíferos (Tabla 1). Los cladóceros se registraron esporádicamente, ya que tanto *Daphnia spinulata* como *Bosmina huaronensis* se encontraron en una sola ocasión, en octubre y marzo, respectivamente, y *Moina micrura* en dos ocasiones, en enero y noviembre. En todos los casos, las abundancias fue-

ron muy bajas, 3 y 0,67 ind.l<sup>-1</sup> en el caso de *D. spinulata* y *B. huaronensis*, respectivamente y 4,3 y 0,7 ind.l<sup>-1</sup> en el caso de *M. micrura*. Sus tallas medias fueron reducidas (*D. spinulata*: 0,74 mm; *B. huaronensis*: 0,34 mm y *M. micrura*: 0,69 mm).

En el caso de los copépodos, las tres especies registradas fueron de presencia constante (Tabla 1). Además, constituyeron el grupo más abundante entre los microcrustáceos, especialmente el ciclopoideo *Metacyclops mendocinus* (media anual: 172,89 ind.l<sup>-1</sup>; desvío estándar: 169,8), seguido por el calanoideo *Boeckella poopoensis* (media anual: 133,31 ind.l<sup>-1</sup>; desvío estándar: 229,4). Estas especies presentaron picos de densidad en diferentes épocas, ya que en el caso de *M. mendocinus* fue más abundante durante el otoño y alcanzó los 556 ind.l<sup>-1</sup> en marzo, en cambio *B. poopoensis* registró un máximo primaveral que superó los 770 ind.l<sup>-1</sup> en septiembre (Fig. 7).



**Figura 7:** Variación mensual de la abundancia de microcrustáceos (ind.l<sup>-1</sup>) durante el período analizado en la laguna Bajo de Giuliani.

Se verificó una relación negativa significativa entre la abundancia de microcrustáceos y la temperatura del agua ( $r = -0,64$ ;  $p < 0,05$ ), ya que la máxima densidad se registró tanto en otoño (marzo), con 972 ind.l<sup>-1</sup> como en primavera (septiembre), cuando se contabilizaron 1601 ind.l<sup>-1</sup>.

Entre los rotíferos predominó el género *Brachionus*, con cinco especies. *Brachionus ibericus* y *B. dimidiatus* tuvieron presencia más constante, ya que se registraron durante 10 y 7 meses (Tabla 1) y las más abundantes (Fig. 8), dado que a lo largo del período estudiado representaron el 29,8 y 39 % del total, respectivamente.

Se obtuvo una correlación positiva significativa entre la abundancia de los rotíferos y la temperatura ( $r = 0,69$ ;  $p < 0,05$ ), dado que la abundancia máxima total del grupo se registró en los meses de mayor temperatura alcanzando 33.993 ind.l<sup>-1</sup> en enero.

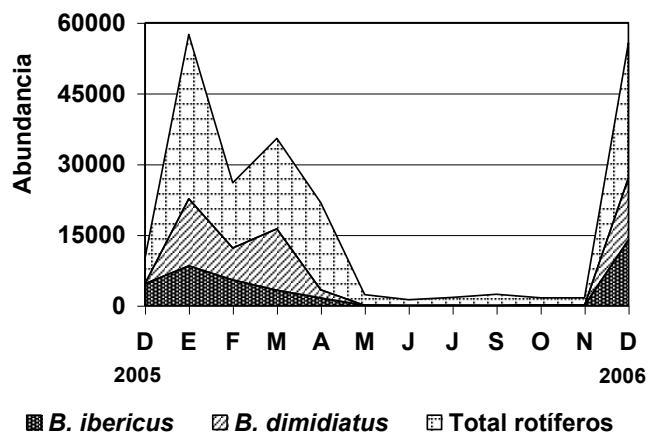
Con respecto a la biomasa de la comunidad zooplanctónica, varió entre un mínimo de 1.217,3 µg PS.l<sup>-1</sup>, verificado en diciembre de 2005 y un máximo de 9.893,3 µg PS.l<sup>-1</sup> en septiembre (Fig. 9). Los cladóceros aportaron porcentajes muy reducidos, cercanos al 0,5 % en enero y octubre. En cambio, los rotíferos y copépodos alternaron en la dominancia. Durante

los meses más cálidos, entre diciembre de 2005 y febrero de 2006, los rotíferos fueron los más importantes contribuyendo con valores entre 53,3 y 74,8 % a la biomasa total de la comunidad. Esta situación se repitió en diciembre de 2006 cuando representaron el 63,7 % del total (Fig. 10). En todas las ocasiones, la especie con mayor biomasa, dada su mayor talla, fue *B. ibericus*, que superó los 1.529 µg PS.l<sup>-1</sup> en diciembre de 2006.

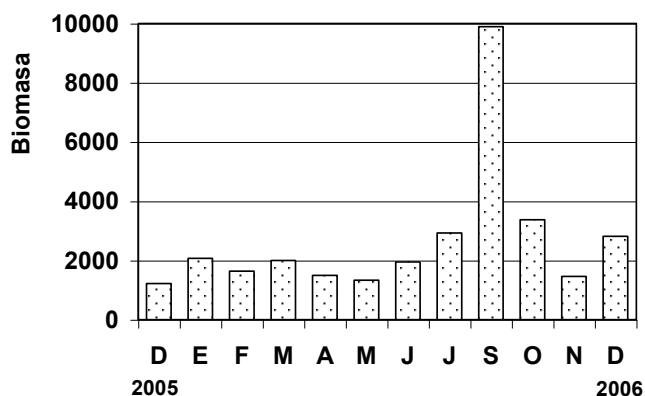
Los copépodos fueron los que mayor biomasa aportaron durante el resto del período estudiado, superando el 96 % entre mayo y noviembre (Fig. 10). La especie que realizó la mayor contribución debido a su tamaño fue *B. poopoensis*, que superó los 9.280 µg PS.l<sup>-1</sup> en septiembre. *Metacyclops mendocinus*, si bien fue el copépodo más abundante durante algunos meses de otoño, tuvo una biomasa que nunca superó 1.000 µg PS.l<sup>-1</sup>, debido a su menor talla.

**Tabla 1:** Especies registradas en el zooplancton de la laguna del Bajo de Giuliani y frecuencia relativa (porcentaje de aparición en los muestreos realizados).

	Frecuencia relativa (%)
<b>Cladóceros</b>	
<i>Daphnia spinulata</i> Birabén, 1917	8.3
<i>Bosmina huaronensis</i> Delachaux, 1918	8.3
<i>Moina micrura</i> Kurz, 1874	16.7
<b>Copépodos</b>	
<i>Boeckella poopoensis</i> Marsh, 1906	100
<i>Metacyclops mendocinus</i> (Wierzejski, 1892)	100
<i>Cletocamptus deitersi</i> (Richard, 1897)	100
<b>Rotíferos</b>	
<i>Brachionus ibericus</i> Ciro-Pérez, Gómez y Serra, 2001	83.3
<i>B. dimidiatus</i> Bryce, 1931	58.3
<i>B. angularis</i> Gosse, 1851	50
<i>B. pterodinoidea</i> (Rousselet, 1913)	41.7
<i>B. havannaensis</i> Rousselet, 1913	8.3
<i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)	33.3
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	8.3
<i>Lepadella</i> sp.	8.3
<i>Bdelloidea</i> sp.	25



**Figura 8:** Variación mensual de la abundancia de rotíferos (ind.l<sup>-1</sup>) durante el período estudiado en la laguna Bajo de Giuliani.



**Figura 9:** Variación mensual de la biomasa zoopláctónica (μg.l<sup>-1</sup>) durante el período analizado en la laguna Bajo de Giuliani.

## DISCUSIÓN

El Bajo de Giuliani, ubicado en una región en la que la evapotranspiración supera las precipitaciones (Roberto *et al.*, 1994), fue un cuerpo temporal típico de los valles transversales de la provincia de La Pampa, de salinidad elevada y muy variable, como los que se encuentran ubicados más al sur (Echaniz *et al.*, 2005 y 2006; Vignatti *et al.*, 2007) hasta el año 2000. Desde ese momento, se ha transformado en permanente ya que no cuenta con arroyos efluentes y recibe el constante aporte de agua como resultado del

tratamiento de los desechos cloacales en las dos plantas de la ciudad y de los desagües pluviales. Es un lago somero hiposalino (Hammer, 1986) ya que su salinidad media es de 9,82 g.l<sup>-1</sup>. Este valor es intermedio con respecto a otros cuerpos de agua estudiados en la provincia de La Pampa, ya que lagunas con aportes pluviales como Don Tomás, aldeaña a Santa Rosa y La Arocena, cercana a General Pico, tienen salinidades muy reducidas, inferiores a 1 g.l<sup>-1</sup> (Echaniz *et al.*, 2008 y datos no publicados) mientras que lagunas situadas en campos sin dichos aportes, en la misma época de

este estudio, mostraron salinidades superiores a 20 g.l<sup>-1</sup>. Otro rasgo particular de esta laguna fue la estabilidad de este parámetro, fluctuando apenas 1,4 g.l<sup>-1</sup> en todo el período analizado respecto a variaciones entre 13 y 24 g.l<sup>-1</sup> en el mismo período en lagunas del norte de La Pampa, ubicadas en campos dedicados a la explotación agropecuaria (Echaniz *et al.*, datos no publicados). Esta estabilidad se debe a las continuas entradas de agua, que provocan que su volumen se mantenga relativamente constante ya que mientras que las lagunas mencionadas mostraron marcados procesos de evaporación durante 2006, con reducciones de la profundidad entre 0,37 a 0,91 m, el Bajo de Giuliani apenas disminuyó su nivel hidrométrico en 0,11 m. Si bien este rasgo diferencia a esta laguna de la mayoría de los lagos someros de La Pampa, que son temporarios o semipermanentes, la aproxima a las lagunas típicas pampeanas en el sentido regional del término, ubicadas sobre todo en la provincia de Buenos Aires, caracterizadas por su permanencia (Torremorell *et al.*, 2007).

Es un ambiente de reducida transparencia, ocasionada por una elevada concentración fitoplanctónica, evidenciada por los elevados coeficientes de correlación calculados entre la transparencia del agua y la concentración de clorofila *a* y los sólidos suspendidos orgánicos, ya que a pesar de que la extensión de la laguna favorecería la resuspensión de sedimentos por el viento, los sólidos suspendidos de origen inorgánico siempre fueron la fracción menos abundante, representando el 24 % del total.

La concentración de nutrientes registrada en esta laguna es muy elevada, situación favorecida probablemente por las constantes entradas del agua proveniente de las plantas de tratamiento, con importantes cargas de fósforo y nitrógeno y que únicamente se producen salidas de agua por evaporación ya que se trata de un ambiente arreico. Las concentraciones

de fósforo total y de nitrógeno total son varias veces superiores a las indicadas por Quirós *et al.* (2002a y c) como límite superior hallado en lagunas turbias de la provincia de Buenos Aires. En el caso del fósforo, el máximo valor encontrado por los mencionados autores es 1,25 mg.l<sup>-1</sup> y el promedio anual verificado en el Bajo de Giuliani es casi 10 veces superior, ya que superó los 10 mg.l<sup>-1</sup>. En el caso del nitrógeno la situación es diferente, dado que Quirós *et al.* (2002 a) determinaron concentraciones máximas de 28,75 mg.l<sup>-1</sup> y en el Bajo de Giuliani, si bien se registraron valores superiores durante algunos meses, con un máximo de 28,1 mg.l<sup>-1</sup>, la media estimada es de 18,4 mg.l<sup>-1</sup>.

La relación TN:TP calculada mensualmente fue siempre baja, con un valor medio para el período estudiado de 1,8, lo que sugiere una marcada limitación por nitrógeno para el crecimiento algal, situación similar a la registrada en otras lagunas turbias orgánicas de La Pampa, como Don Tomás, en la que se calculó un valor medio de 1,2 (Echaniz *et al.*, 2008) y La Arocena, en la que se calculó una relación de 2,4. La limitación por nitrógeno que indica la relación TN:TP haría suponer mayores concentraciones de clorofila *a* en los meses en los que se registran mayores concentraciones de nitrógeno total, pero la correlación calculada entre ambos parámetros no fue significativa ( $r = 0,29$ ;  $p < 0,05$ ). Aunque la concentración de clorofila *a* fue elevada y presentó un pico durante la primavera, no se evidencia estacionalidad en el desarrollo del fitoplancton, tal lo mostrado por el bajo valor del coeficiente de correlación con la temperatura del agua.

La laguna puede categorizarse como hipereutrófica considerando los promedios de las tres variables empleadas para la determinación del estado trófico, es decir, transparencia del agua (0,18 m), concentración de fósforo total (10,29 mg.l<sup>-1</sup>) y concentración de clorofila *a* (173 mg.m<sup>-3</sup>).



La riqueza específica del zooplankton en el ciclo estudiado (15 *taxa*), fue relativamente reducida al compararla con la de otras lagunas turbias orgánicas de La Pampa. En la laguna Don Tomás se registraron 20 especies en el mismo período (Echaniz *et al.*, 2008) y durante 2002, en la laguna Quetré Huitrú se contabilizaron 37 especies (Vignatti *et al.*, 2007), aunque ambas son ambientes de escasa salinidad, inferior a 1 g.l<sup>-1</sup>. La riqueza del Bajo de Giuliani es más cercana a la registrada en lagos someros de salinidades elevadas, como las lagunas Los Mantiales y El Destino, que durante el período enero 2001 – diciembre de 2002 presentaron riquezas de 21 y 17 especies, con salinidades medias de 8,4 y 12,6 g.l<sup>-1</sup>, respectivamente (Echaniz *et al.*, 2005).

Además del número de *taxa* presentes, otro rasgo en común con las lagunas de salinidades elevadas es el predominio entre los microcrustáceos, del copépodo halófilo *B. poopoensis*, que fue el más abundante y el que aportó siempre la mayor biomasa.

Los cladóceros registrados, de presencia puntual y con baja densidad se caracterizan por sus dimensiones reducidas, ya que *Bosmina huaronensis* y *Moina micrura* alcanzaron una longitud de 0,74 mm y 1,64 mm, respectivamente en la cercana laguna Don Tomás (Echaniz *et al.*, 2008) y *D. spinulata* entre 2,5 y 3,5 mm en otros ambientes de la provincia (Echaniz y Vignatti, 1996). La causa podría ser la salinidad relativamente elevada del Bajo de Giuliani, que impediría su desarrollo, ya que *B. huaronensis* siempre fue registrada en lagunas de la provincia que no superaron 1,5 g.l<sup>-1</sup>, *M. micrura* en ambientes de salinidad menor a 4,4 g.l<sup>-1</sup> y en el caso de *Daphnia spinulata*, la salinidad máxima a la que se la registró fue de 6,6 g.l<sup>-1</sup> (Echaniz y Vignatti, 1996).

Por otra parte, los cladóceros registrados en La Pampa que podrían habitar cuerpos de agua con salinidad equivalente a la del Bajo de Giuliani,

como *Daphnia menucoensis* o *Moina eugeniae* son de talla grande y habitan lagunas que carecen de fauna ictica, logrando con su pastoreo que la transparencia del agua sea elevada (Echaniz y Vignatti, 1996; Echaniz *et al.*, 2005 y 2006; Vignatti y Echaniz, 2007). La presencia de una población de pejerreyes en el Bajo de Giuliani con la consecuente presión de depredación (Moss *et al.*, 1996; Scheffer, 1998, Renella y Quirós, 2002) o el predominio de cianobacterias (Álvarez *et al.*, 2004) con la producción de toxinas o interferencias mecánicas (DeMott *et al.*, 2001 y Wilson *et al.*, 2006) impedirían el desarrollo de los cladóceros.

De manera similar a lo verificado en otras lagunas de la provincia, se registró un patrón de dominancia alternada entre la abundancia de los microcrustáceos y la de los rotíferos, siendo más abundantes éstos últimos en los meses de temperaturas más elevadas, lo que coincide con lo verificado por Ardohain *et al.*, (2005) en las lagunas Lacombe y Monte, de la provincia de Buenos Aires.

La biomasa total de la comunidad estuvo dominada por los copépodos en coincidencia con lo verificado en la laguna de San Miguel del Monte (Claps *et al.*, 2004), pero, su distribución fue netamente unimodal. La biomasa del macrozooplankton del Bajo de Giuliani es mucho más elevada que la registrada por Quirós *et al.* (2002a) en lagunas turbias orgánicas de la provincia de Buenos Aires, ya que el valor medio registrado es superior al medio observado por los mencionados autores para un conjunto de 23 lagos someros turbios. El pico primaveral de 9.368,1 µg PS.l<sup>-1</sup> registrado en Bajo de Giuliani es tres veces mayor que los máximos registrados en la provincia de Buenos Aires. La biomasa aportada por los rotíferos es más elevada con respecto a otras lagunas de la provincia, ya que alcanzó el 22% del total, cuando en otras lagunas fluctuó entre apenas el 3 – 6 % en el caso de ambientes de salinidad

elevada (Echaniz y Vignatti, datos no publicados) o el 8% en la turbia orgánica subsalina Don Tomás (Echaniz *et al.*, 2008).

Teniendo en cuenta el elevado estado trófico del Bajo de Giuliani, su alta concentración de clorofila *a* y la ausencia de filtradores eficientes, en especial cladóceros del género *Daphnia*, que no podrían prosperar debido a la presión de depredación ejercida por los peces en esta laguna (Renella y Quirós, 2002), no es esperable que ciertas características de la misma cambien, tales como la transparencia del agua.

## AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa, por el aporte financiero. A los Dres. Susana Boeris, Gladys Scoles y José Camiña por su asesoramiento en las determinaciones químicas y facilitar el acceso al equipamiento, al Dr. Alberto Pilati por su colaboración con la traducción del resumen, al Sr. Bernardo Scheuber, propietario del complejo La Cuesta del Sur, por facilitar el acceso a la laguna y a un revisor anónimo que con su trabajo mejoró esta contribución.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, S., G. Bazán y E. Parodi.** 2004. Ficoflora del reservorio final de aguas residuales de Santa Rosa (La Pampa, Argentina). I. Cyanophyta y Chlorophyta (Tetraselmidales, Volvocales y Chlorococcales). Bol. Soc. Argent. Bot. 39 (1-2): 277-293.
- APHA.** 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF), Washington, DC.
- APHA.** 1999. 2540 Solids. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. <http://www.umass.edu/tei/mwwp/acrobat/sm2540Dsuspendedsolids.pdf>
- Arar, E. J.** 1997. In vitro determination of chlorophylls *a*, *b*, *c* + *c* and pheopigments in marine and freshwater algae by visible spectrophotometry. Method 446.0. U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/glnpo/lmmb/methods/methd446.0.pdf>
- Ardohain, D., H. Benítez, M. Claps y N. Gabellone.** 2005. Estructura y dinámica de rotíferos planctónicos en dos lagunas pampásicas: similitudes y diferencias. Biología Acuática, (22): 7-18.
- Boveri, M. B. y R. Quirós.** 2002. Trophic interactions in pampean shallow lakes: evaluation of silverside predatory effects in mesocosm experiments. Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 28:1-5.
- Claps, M. C., N. Gabellone y H. Benítez.** 2004. Zooplankton biomass in an eutrophic shallow lake (Buenos Aires, Argentina): spatio-temporal variations. Annales de Limnologie -International Journal of Limnology, 40(3): 201-210.
- Culver, D. A., M. Boucherle, D. J. Bean y J. W. Fletcher.** 1985. Biomass of freshwater crustacean zooplankton from length-weight regressions. Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences, 42(8):1380-1390.
- Dangavs, N.** 1995. Morfometría de cuerpos lenticos. En: Lopretto E. y G. Tell (eds.) Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ediciones Sur, La Plata: 27-44.
- DeMott, W., R. Gulati y E. Van Donk.** 2001. *Daphnia* food limitation in three Dutch lakes: Evidence

- for exclusion of large-bodied species by interfering filaments of cyanobacteria. *Limnology and Oceanography*, 46(8): 2054 – 2060.
- Díaz, O. y V. Colasurdo.** 2008. El agua revela sus secretos. Química de las lagunas pampeanas. En: Grosman, F. (Comp.). Espejos en la llanura. Nuestras lagunas de la región pampeana. Ed. Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, Tandil: 47-65.
- Dumont, H. J., I. Van Der Velde y S. Dumont.** 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia*, 19:75-97.
- Echaniz, S. A. y A. M. Vignatti.** 1996. Cladóceros limnéticos de la provincia de La Pampa (Argentina). *Revista Facultad de Agronomía UNLPam*, 9 (1): 65-80.
- Echaniz, S. A. y A. M. Vignatti.** 2001. Composición y variación anual de la taxocenosis de cladóceros planctónicos y química del agua de la laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). *Revista Facultad de Agronomía UNLPam*, 12 (2): 23-35.
- Echaniz, S. A. y A. M. Vignatti.** 2002. Variación anual de la taxocenosis de cladóceros planctónicos (Crustacea: Branchiopoda) de una laguna de elevada salinidad (La Pampa, Argentina). *Neotrópica*, 48: 11-17.
- Echaniz, S., A. Vignatti, J. C. Paggi y S. José de Paggi.** 2005. Riqueza y composición del zooplancton de lagunas saladas de Argentina. *Revista FABICIB*, 9: 25 – 39.
- Echaniz, S. A., A. M. Vignatti, S. José de Paggi, J. C. Paggi y A. Pilati.** 2006. Zooplankton seasonal abundance of South American saline shallow lakes. *International Review of Hydrobiology*, 91 (1): 86-100.
- Echaniz, S., A. Vignatti y P. Bunino.** 2008. El zooplancton de un lago somero hipereutrófico de la región central de Argentina. Cambios después de una década. *Biota Neotropica*, 8(4): 63-71.
- EPA (Environmental Protection Agency).** 1993. ESS Method 340.2: Total Suspended Solids, Mass Balance (Dried at 103 – 105 °C) Volatile Suspended Solids (Ignited at 550 °C).
- Gabellone, N., L. C. Solari y M. C. Claps.** 2001. Planktonic and physico-chemical dynamics of markedly fluctuating backwater pond associated with a lowland river (Salado River, Buenos Aires, Argentina). *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 6: 133-142.
- Grosman, F., P. Sanzano y G. Rudzik.** 2005. Diagnóstico limnológico pesquero de 6 lagunas del partido de Puán. Propuesta de pautas de gestión del recurso. *Biología Acuática*, (22): 177-188.
- Grosman, F. (Comp.).** 2008. Espejos en la llanura. Nuestras lagunas de la región pampeana. Ed. Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, 174 pp.
- Hammer, U. T.** 1986. *Saline Lake Ecosystems of the World. Monographiae Biologicae* 59. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, 616 pp.
- José de Paggi, S. y J. C. Paggi.** 1995. Determinación de la abundancia y biomasa zooplanctónica. En: Lopretto, E. y G. Tell (eds.). *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Tomo 1.* Ed. Sur, La Plata: 315- 323.
- Licoff, P. y F. Grosman.** 2008. Aspectos ecológicos de las lagunas pampeanas y su posible influencia sobre las pesquerías del pejerrey: el caso de la laguna El Coraje. *Biología Acuática*, 24: 27-32.
- McCauley, E.** 1984. The estimation of the abundance of biomass of zooplankton in samples. En Downing, J.A. y F. Rigler (eds.) *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in freshwaters.* 2° ed. Blackwell, Oxford: 228-265.
- Mariñelarena, A. y S. Gómez.** 2008. Eutrofización de las lagunas pampeanas. Efectos secundarios sobre

- los peces. *Biología Acuática*, 24:43-48.
- Moss, B., J. Madgwick y G. Phillips.** 1996. A guide to the restoration of nutrient- enriched shallow lakes. Environmental Agency, Broads Authority, Norwich, Norfolk, 179 pp.
- Pilati, A.** 1997. Copépodos calanoideos de la provincia de La Pampa. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 9 (2): 57-67.
- Pilati, A.** 1999. Copépodos ciclopoideos en la provincia de La Pampa (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 10 (1): 29-44.
- Quirós, R., A. Rennella, M. Boveri, J. Rosso y A. Sosnovsky.** 2002a. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral*, (12): 175-185.
- Quirós, R., Rosso, J. J., A. Rennella, A. Sosnovsky y M. Boveri.** 2002b. Sobre el estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). 2° Reunión Internacional de Eutrofización de Lagos y Embalses. Fac. de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Quirós, R., J. J. Rosso, A. Rennella, A. Sosnosky y M. Boveri.** 2002c. Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). *Interciencia*, 27(11):584-591.
- Renella, A. y R. Quirós.** 2002. Relations between planktivorous fish and zooplankton in two very shallow lakes of the Pampa plain. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 28: 1-5.
- Renella, A. y R. Quirós.** 2006. The effects of hydrology on plankton biomass in shallow lakes of the Pampa Plain. *Hydrobiologia*, 556: 181-191.
- Roberto, Z., G. Casagrande y E. Viglizzo.** 1994. Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y variaciones. Centro Reg. La Pampa - San Luis, INTA. Publ. N° 12. 25 pp.
- Rosen, R. A.** 1981. Length - dry weight relationships of some freshwater zooplankton. *Journal of Freshwater Ecology*, 1:225-229.
- Ruttner-Kolisko, A.** 1977. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Archiv für Hydrobiologie*, (8):71-76.
- Scheffer, M.** 1998. Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall, 357 pp.
- Torremorell, A., J. Bustingorry, R. Escaray y H. Zagarese.** 2007. Seasonal dynamics of a large, shallow lake, laguna Chascomús: The role of light limitation and other physical variables. *Limnologica*, 37: 100-108.
- Vignatti, A. M. y S. A. Echaniz.** 1999. Presencia de *Daphnia (Ctenodaphnia) menucoensis* Paggi, 1996 en la provincia de La Pampa (Argentina). *Revista Facultad de Agronomía UNLPam*, 10 (1): 21-27.
- Vignatti, A. M., S. A. Echaniz y M. C. Martín.** 2007. El zooplancton de lagos someros de diferente salinidad y estado trófico en la región semiárida pampeana (La Pampa, Argentina). *Gayana*, 71 (1): 38-48.
- Wilson, A., O. Sarnelle y A. Tillmanns.** 2006. Effects of cyanobacterial toxicity and morphology on the population growth of freshwater zooplankton: Meta-analyses of laboratory experiments. *Limnology and Oceanography*, 51 (4): 1915-1924.